第７講　遺伝子①

【1】　動物のからだは様々な種類の細胞から作られる。細胞種が異なっていても，保持するゲノムは基本的には同一であるため，それぞれの細胞は遺伝子の発現調節をおこなうことで，必要な形質を獲得している。核内の遺伝子の近傍には［ 1 ］とよばれる転写調節領域があり，RNAポリメラーゼやそのはたらきを助ける［ 2 ］とよばれるタンパク質が結合する。また，遺伝子の上流や下流の離れた場所にも転写調節領域があり，アクチベーター(活性化因子)やリプレッサーなどの調節タンパク質が結合することで，遺伝子発現の量や時期，場所などを調節する。細胞の種類が異なれば，存在する調節タンパク質の種類も異なるため，遺伝子の発現状態は，転写調節領域の種類と，そこに結合する調節タンパク質の組み合わせの違いにより決まる。また，核内ではDNAが［ 3 ］に巻きつくことで［ 4 ］を形成し，さらに［ 4 ］が重なることでクロマチン繊維構造をとるが，この構造がゆるんだり，あるいは密に折りたたまれることによっても，遺伝子の転写の起こりやすさが変化する。

遺伝子組換え技術を利用して，外来遺伝子を組み込んだ動物をトランスジェニック動物とよび，遺伝子の転写調節研究にも利用される。ヒト遺伝子の研究には，転写調節タンパク質の種類やその機能が似ていることなどから，トランスジェニックマウスが用いられることが多い。T博士は，４つのエキソンをもつヒト遺伝子Xの転写調節メカニズムを推察するために，以下の２つの実験をおこなった。

[実験1]　遺伝子Xを含む，５つの異なる長さのヒトゲノムDNA断片(図1，断片Ⅰ～Ⅴ)を準備し，それぞれを，微細ガラス針で(a)受精直後のマウス受精卵の核に注入したのち，胚を代理母にもどして発生を続けさせた(図2)。代理母から産まれた子マウスの尾からDNAを抽出し，［ 5 ］法により調べた結果，一部の個体でヒト遺伝子Xがマウスのゲノム DNAに挿入されていることがわかった。さらに，その子孫にも外来遺伝子が受け継がれることを確認した。

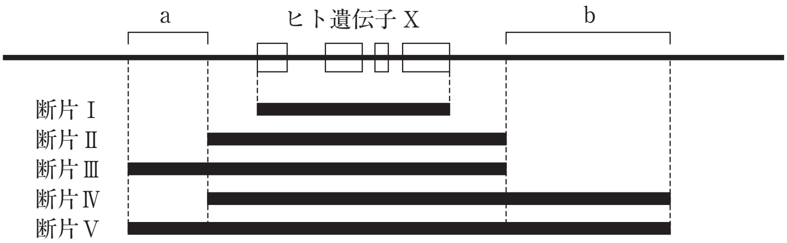


図１　ヒト遺伝子Xの構造と外来遺伝子として用いたDNA断片の範囲
(aとbは転写調節領域，白い四角はエキソンを表す)

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

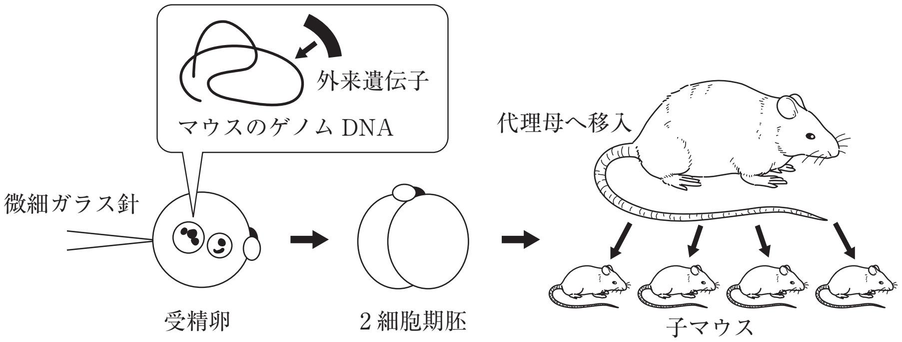


図２　トランスジェニックマウスの作製

［実験２］　５種類のDNA断片(図１，断片Ⅰ～Ⅴ)を，それぞれ完全な長さで保持するトランスジェニックマウス(トランスジェニックマウスⅠ～Ⅴ)について，組織Aと組織Bからm RNA(伝令RNA)を抽出し，ヒト遺伝子Xの発現量を調べた。その結果の一部を表１に示す。

表１　トランスジェニックマウス組織でのヒト遺伝子Xの発現

トランスジェニックマウス	組織A	組織B
Ⅰ	−	−
Ⅱ	＋	＋
Ⅲ	＋	−
Ⅳ	＋＋	＋

−：遺伝子が発現していない。
＋：遺伝子が発現している。
＋＋：＋と比べ，遺伝子の発現量が多い。
ただし，外来遺伝子が挿入されたマウスゲノムDNAの場所にかかわらず，同じDNA断片をもつトランスジェニックマウスからは，常に同じ結果が得られるものとする。

問１　空欄［１］～［４］に当てはまる最も適切な語を記せ。

問２　空欄［５］に当てはまる，耐熱性DNAポリメラーゼを用いて，特定の塩基配列をもつDNA領域を増幅する技術の名称を記せ。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問3　下記の文章の空欄［6］～［9］に当てはまる最も適切な語を，次のア～オから選び，記号で記せ。

T博士は，表1のトランスジェニックマウスⅠ～Ⅳの結果から，「ヒト遺伝子X(図1)の転写調節領域aには，組織［6］ではたらく［7］が結合し，調節領域bには，組織［8］ではたらく［9］が結合する」と考え，トランスジェニックマウスⅤの結果を，組織Aでは「＋＋」，組織Bでは「－」と予想した。

ア．A　　イ．B　　ウ．AとBの両方
エ．アクチベーター　　オ．リプレッサー

問4　実験1の下線部(a)関連して，受精卵が細胞分裂した後に，一部の細胞でのみ外来遺伝子がゲノムDNAに挿入されたときには，外来遺伝子が全く子孫に受け継がれない可能性がある。どのような場合か，40字以内で記せ。

問5　表1の結果について，実際には，同じDNA断片を用いたとしても，外来遺伝子がマウスゲノムDNAの異なる場所に挿入された場合には，それらの転写が異なる影響を受ける場合がある。この理由を，本文を参考にして60字以内で記せ。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

【2】 次の文章を読み，問1～問6に答えよ。

細胞には，ゲノムDNAが外的あるいは内的要因によって損傷を受けた場合，そうした傷を修復する仕組みがある。例えば，太陽光に含まれる紫外線によってゲノムDNAが損傷することが知られている。紫外線によるDNA損傷は，多種類の酵素が働くことによって正確に修復される。ここで，遺伝学の研究に多用される出芽酵母を用いて，DNA損傷の修復にかかわる遺伝子を単離して解析する実験について考えてみる。出芽酵母は単細胞真核生物であり，一倍体(核相n)，二倍体(核相$2n$)いずれの状態でも増殖することができる。また，異なる性の一倍体細胞が接合する有性生殖を行うことがある。

実験１：一倍体の酵母細胞を変異原性の化学物質で処理して人為的に遺伝子の突然変異を誘発した。これらの変異細胞の中から，紫外線照射によって細胞増殖ができずに死んでしまう2つの変異株(X，Y株)を得た。

問１　変異株を得るときに一倍体細胞を使用した理由を100字以内で記せ。

実験２：X，Y株の原因遺伝子(変異原性の化学物質処理により変異が起こった遺伝子)を同定する目的で次の実験を行った。まず，野生株の出芽酵母ゲノムDNAを平均長数千ヌクレオチドに断片化し，プラスミドに組み込んだ。こうしてできたプラスミドの集まりをゲノムライブラリーという。このライブラリープラスミドをX株に導入して，紫外線を照射したのち寒天培地上で培養した。この時，導入されたプラスミドは１細胞あたり１種類であり，導入後は細胞内で安定に保持され，紫外線照射によって細胞には新たな変異は起きないものとする。

その結果，寒天培地上で３つのコロニーが形成された。この３つのコロニーからプラスミドDNAを回収し，塩基配列を解析した。その結果，図１に示すようにプラスミドの挿入DNA断片上にいくつかの遺伝子が見つかった。斜線部分は遺伝子を示す。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

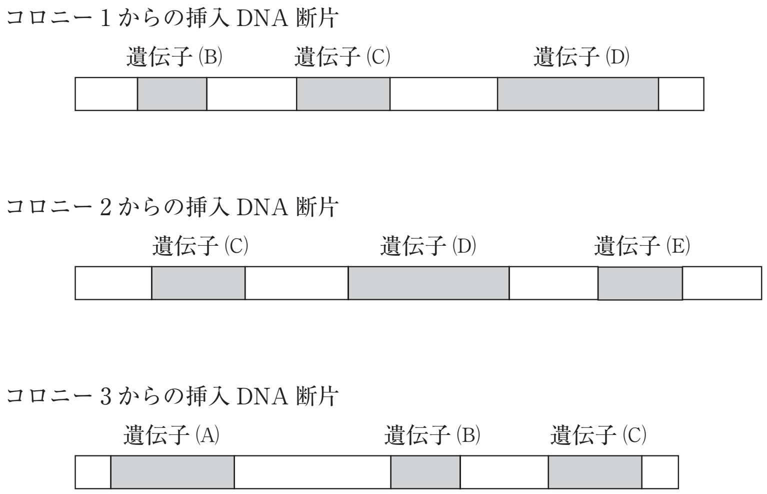


図1

問2　図1の遺伝子(A)～(E)のうち，X株の原因遺伝子の候補として最も可能性が高いものを1つ選べ。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

実験３：Ｙ株については実験２の方法ではコロニーが生じなかったため，２つ以上の遺伝子に変異があり，いずれの遺伝子が変異しても紫外線抵抗性を失うと解釈した。そこで，図２の上段に示すように，Ｙ株の細胞と野生型の細胞を有性的に接合させ二倍体細胞を作製し，これらを飢餓状態にして減数分裂を誘導した。なお，出芽酵母は動物や植物と同様の減数分裂を行い，二倍体細胞に由来する胞子嚢（のう）の中に４つの一倍体細胞（ア～エ）を作る。

胞子嚢に含まれる４つの一倍体細胞を１つずつ培養し，コロニーを形成させた。それぞれのコロニーの一部を新しい寒天培地に植え継ぎ，紫外線を照射して培養した。紫外線抵抗性を示す細胞は増殖し，紫外線抵抗性を示さない細胞は増殖できない。図２の下段には6つの胞子嚢（1～6）を用いた結果を模式的に示しているが，実際は多数の胞子嚢を用いた。

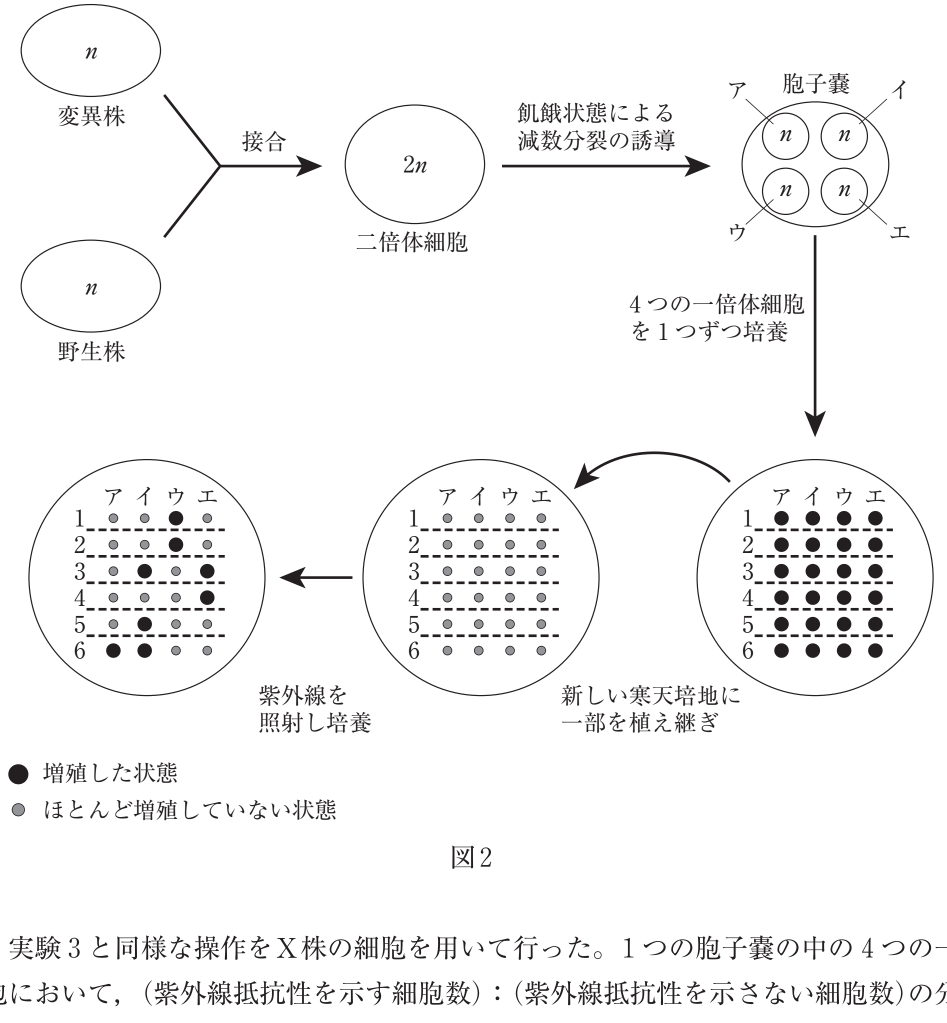


図2

問３　実験３と同様な操作をＸ株の細胞を用いて行った。１つの胞子嚢の中の４つの一倍体細胞において，（紫外線抵抗性を示す細胞数）：（紫外線抵抗性を示さない細胞数）の分離比はどのようになるか。次の(あ)～(お)の中から１つ選べ。

(あ)　0：4　　(い)　1：3　　(う)　2：2　　(え)　3：1　　(お)　4：0

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問４　Ｙ株の細胞を用いて実験３を行った。２つの原因遺伝子が異なる染色体に存在し，減数分裂の際に原因遺伝子を含む染色体領域がいずれも相同染色体と乗換えないとする。このとき４つの一倍体細胞において，（紫外線抵抗性を示す細胞数）：（紫外線抵抗性を示さない細胞数）の分離比は胞子嚢によって異なる。多数の胞子嚢で分離比を調べると，各分離比の出現割合［％］はどのようになるか。(あ)～(お)のそれぞれについて数字で記せ。

分離比	0：4	1：3	2：2	3：1	4：0
出現割合（％）	(あ)	(い)	(う)	(え)	(お)

問５　Ｙ株の細胞を用いて実験３を行った。２つの原因遺伝子が異なる染色体に存在し，減数分裂の際に相同染色体間の乗換えが起こる場合，（紫外線抵抗性を示す細胞数）：（紫外線抵抗性を示さない細胞数）の分離比の出現割合は問4の場合と異なる。出現割合が増加する分離比を，次の(あ)～(お)の中から１つ選べ。

(あ)　0：4　　(い)　1：3　　(う)　2：2　　(え)　3：1　　(お)　4：0

問６　Ｙ株の２つの原因遺伝子が異なる染色体に存在していると仮定する。実験２と実験３の手法を組み合わせて原因遺伝子の候補を絞り込みたい。その方法を120字以内で記せ。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

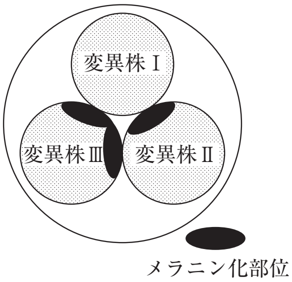
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第７講　確認テスト

次の文章を読み，問１～６に答えよ。

ある種のカビは培地で培養すると菌糸がメラニンという黒褐色の色素を合成する。この菌に突然変異を誘発させ，正常なメラニン色素を作れない３種類の変異株を分離した。得られた変異株はメラニン合成経路における代謝欠損点が異なると考えられ，培地中にメラニン前駆物質を分泌し，その物質の色に特徴的な3つの形質に分類された。変異株Ⅰは前駆物質Aを分泌することにより薄茶色を呈し，変異株Ⅱは前駆物質Bを分泌することにより赤色を呈し，変異株Ⅲは前駆物質Cを分泌することにより黄色を呈した。

実験１　メラニン合成代謝経路を調べるために次の実験を行った。３種の菌を培地上で各菌が接するようにして培養したところ，図のように接触した菌糸部分にメラニン化の復帰が認められた。これは分泌されたメラニン前駆体が培地内に拡散し，それを摂りこんだ菌が代謝した結果によるものと考えられた。



代謝経路		(1)	→	(2)	→	(3)	→ メラニン
酵　素	……	E1		E2		E3	
遺伝子	……	G1		G2		G3	
変異株	……	(4)		(5)		(6)	

問１　人為突然変異を誘発する方法を2つ挙げよ。

問２　実験１の結果からメラニン前駆体の代謝過程を推定し，前の図の(1)，(2)，(3)には対応する前駆物質をA，B，Cの記号で答えよ。また，(4)，(5)，(6)には対応する変異株をⅠ，Ⅱ，Ⅲの番号で答えよ。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

実験２　この菌はアカパンカビと同様な有性生殖を行い，単相(n)の核をもつ菌糸が融合して複相($2n$)の接合子を形成し，その後，減数分裂と体細胞分裂を繰り返して８つの子のう胞子を形成する。そこで変異株Ⅰと変異株Ⅱおよび変異株Ⅰと変異株Ⅲの交配を行い，得られた子のう胞子を培養して菌糸のメラニン合成の形質を調べた。

問３　G１遺伝子とG３遺伝子は密接に連鎖し，G２遺伝子はG１遺伝子およびG３遺伝子と連鎖関係がないことがわかっている。実験2のそれぞれの交配によって期待される交配後代の形質の分離比を下記の⑴～⒀から選び，番号で答えよ。ただし，G１遺伝子とG３遺伝子間の組換え価は０とする。

⑴　黒褐色：黄色：赤色：薄茶色＝1：1：1：1
⑵　黒褐色：赤色：薄茶色＝1：2：1
⑶　黒褐色：赤色：薄茶色＝1：1：2
⑷　黒褐色：赤色：薄茶色＝2：1：1
⑸　赤色：薄茶色＝1：1
⑹　赤色：薄茶色＝3：1
⑺　赤色：薄茶色＝1：3
⑻　黄色：薄茶色＝1：1
⑼　黄色：薄茶色＝3：1
⑽　黄色：薄茶色＝1：3
⑾　黒褐色：黄色：薄茶色＝1：2：1
⑿　黒褐色：黄色：薄茶色＝1：1：2
⒀　黒褐色：黄色：薄茶色＝2：1：2

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

実験３　Ｇ２遺伝子に変異のある変異株を２菌株(変異株Ｇ２－１，変異株Ｇ２－２)分離した。野生型株およびこれらの変異株から酵素Ｅ２のタンパク質を精製し，タンパク質のアミノ酸配列を分析した。アミノ酸配列を比較した結果，野生型株と変異株間で異なる配列が検出された。また，酵素Ｅ２の生成を支配する遺伝子を単離し，塩基の配列を決定した。図は野生型株と変異株Ｇ２－１，変異株Ｇ２－２で配列が異なる部位のＥ２酵素タンパク質のアミノ酸配列，およびこの領域に対応する野生型株の伝令RNAの配列を示している。

1　　　　5　　　　10　　　　15　　　　20　　　　25

5′ -C C U G C A G C U C C A C U U C A A C C A A C G U -3′

伝令RNA

野生型株	…ロイシン	グルタミン	プロリン	トレオニン…
突然変異株G2−1	…ロイシン	グルタミン	ロイシン	トレオニン…
突然変異株G2−2	…ロイシン	アスパラギン	グルタミン	アルギニン…

E2のアミノ酸配列

ロイシン	CUU　CUC　CUA　CUG　UUA　UUG
グルタミン	CAA　CAG
プロリン	CCU　CCC　CCA　CCG
トレオニン	ACU　ACC　ACA　ACG
アスパラギン	AAU　AAC
アルギニン	CGU　CGC　CGA　CGG　AGA　AGG

伝令RNAの塩基配列からアミノ酸への遺伝暗号表

問４　伝令RNAの塩基1～25に相補的な鋳型DNAの塩基をアルファベット表記で記せ。

問５　野生型株のロイシン，グルタミン，プロリン，トレオニンの領域は伝令RNAの塩基番号の何番から何番の間に指定されているか。

問６　Ｇ２－１，Ｇ２－２の各変異株は鋳型DNAにおいて何番の塩基にどのような変異があったと考えられるか。いずれも１つの塩基の変異によるものとする。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 7 講

【1】

問1　1　プロモーター　2　基本転写因子　3　ヒストン
4　ヌクレオソーム

問2　PCR［ポリメラーゼ連鎖反応］

問3　6　イ　7　オ　8　ア　9　エ

問4　外来遺伝子を保持する細胞が生殖細胞に分化しない場合。(26)

問5　ゲノムDNAの異なる場所では，周囲の転写調節領域の有無や種類，クロマチン繊維構造の状態が異なるため。(50)

【2】

問1　一倍体細胞は各染色体を1つずつしかもたないため，各対立遺伝子が存在しない。従って，一倍体細胞では変異した形質が必ず発現されるため，二倍体細胞よりも突然変異が検出されやすい。(86)

問2　C

問3　(う)

問4　(あ)　50%　(い)　0%　(う)　50%　(え)　0%　(お)　0%

問5　(い)

問6　実験3において，紫外線抵抗性：紫外線非抵抗性＝0：4となった結果から一倍体細胞を得る。これらの細胞にライブラリープラスミドを導入し，紫外線照射，その後それらの細胞を培養し，増殖したコロニーからプラスミドDNAを回収して塩基配列を解析する。(117)

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第７講　確認テスト

問１　Ｘ線などの放射線を照射する。化学物質であるコルヒチンで処理する。

問２　(1)　C　(2)　B　(3)　A　(4)　Ⅲ　(5)　Ⅱ　(6)　Ⅰ

問３　Ⅰ×Ⅱ：(2)　Ⅰ×Ⅲ：(8)

問４　(１から順に)GGACGTCGAGGTGAAGTTGGTTGCA

問５　13から24まで

問６　G2－1：20番目のＧがＡに変異した。
G2－2：16番目のＧが欠失した。

【解説】

問１　人為的に遺伝子突然変異を誘発する要素として，Ｘ線やガンマ線などの放射線，マスタードガスなどの特定の化学物質が挙げられる。また，イヌサフランから抽出されるコルヒチンは，紡錘糸の形成を阻害することで倍数化を引き起こす。

問２　変異株Ⅲは，変異株ⅠやⅡが分泌するメラニン前駆体からメラニンを合成できていることから，合成経路の序盤の反応が滞っており，その結果黄色の前駆物質Ｃを分泌していると考えられる。変異株Ⅰは変異株ⅡやⅢが分泌するメラニン前駆体からメラニンを合成できていないことから，合成経路終盤の反応が滞っており，その結果薄茶色の前駆物質Ａを分泌していると考えられる。変異株はその中間的な特徴を示している。ゆえに，代謝経路はＣ→Ｂ→Ａ→メラニンとなり，Ｃ→Ｂの反応に関わる酵素の遺伝子に変異をもつのは変異株Ⅲ，Ｂ→Ａについては変異株Ⅱ，Ａ→メラニンについては変異株Ⅰとなる。

問３　それぞれの株のもつ変異遺伝子をg1，g2，g3とする。変異株ⅠはG1G2g3，変異株ⅡはG1g2G3，変異株Ⅲはg1G2G3となる。G1とG3は完全連鎖であるが，G1，G3とG2は独立である。変異株ⅠとⅡの交配を行い得られた子のう胞子の遺伝子型は，G1G2G3：G1G2g3：G1g2G3：G1g2g3＝1：1：1：1となる。G1G2G3はメラニンの黒褐色，G1G2g3は薄茶色，G1g2G3とG1g2g3はともにＢで反応が止まるため赤色となる。ゆえに，黒褐色：赤色：薄茶色＝1：2：1となる。変異株ⅠとⅢの交配を行い得られた子のう胞子の遺伝子型は，G1G2g3：g1G2G3＝1：1となり，g1G2G3は黄色となることから，黄色：薄茶色＝1：1となる。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問5　ロイシンを指定するコドンは2番目，8番目，13番目の塩基から始まる。2番目の塩基からアミノ酸に対応させると，4番目のアミノ酸トレオニンにコドンCACが対応することになり説明できない。8番目の塩基からアミノ酸に対応させると，2番目のアミノ酸グルタミンにコドンCACが対応することになり，こちらも説明できない。13番目の塩基からアミノ酸に対応させると，各アミノ酸への対応を矛盾なく説明できる。

問6　突然変異株G2−1はプロリンを指定するコドンCCAに塩基置換が生じてロイシンを指定するコドンCU□，もしくはUUA,UUGに変化したと考えられる。このなかで一塩基の置換で説明できるのは，20番目の塩基CがUに変化することである。対応するDNAに反映させると20番目の塩基GがAに置換したことになる。また突然変異株G2−2は2番目のアミノ酸グルタミンを指定するコドンCAAでフレームシフトが起こっていると考えられる。アスパラギンを指定するコドンはAAUかAACであるため，一塩基の変異で説明するためには，16番目の塩基Cが欠失しなくてはならない。対応するDNAに反映させると16番目の塩基Gが欠失したことになる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。